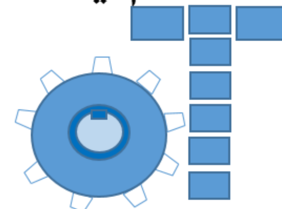
کامپوزیت ها

از مقالات تخصصی سایت

تخصصم اینه



نویسنده: مهرداد توتونچی

مقدمه

امروزه در بسیاری از کاربردهای مهندسی، به تلفیق خواص مواد نیاز است و امکان استفاده از یک نوع ماده که همهٔ خواص مورد نظر را برآورده سازد، وجود ندارد. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا، سبک باشند، مقاومت سایشی و مقاومت در برابر نور ماوراء بنفش خوبی داشته باشند و در دماهای بالا استحکام خود را از دست ندهند. از آنجا که نمی توان ماده ای یافت که همهٔ خواص فوق را دارا باشد، باید به دنبال روشی برای ترکیب خواص مواد بود. این راه حل همان مواد کامپوزیت است. کامپوزیت ماده ای چند جزئی است که خواص آن از هرکدام از اجزا بیشتر است، ضمن آنکه اجزای مختلف کارایی یکدیگر را بهبود می بخشند.

تاریخچه

کامپوزیت ها در اصل از زمانهای قدیم مورد توجه بشر بوده‌اند. از نمونه های قدیمی کاربرد این نوع مواد میتوان به کاه گل و یا مومیایی اشاره نمود [۱و۲]. سازه های کاه گل از ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد مورد استفاده قرار می گرفت. کمان های چند لایه ای ، ساخته شده از تاندون حیوانات ، چوب و ابریشم (۱۰۰۰ سال قبل از میلاد).

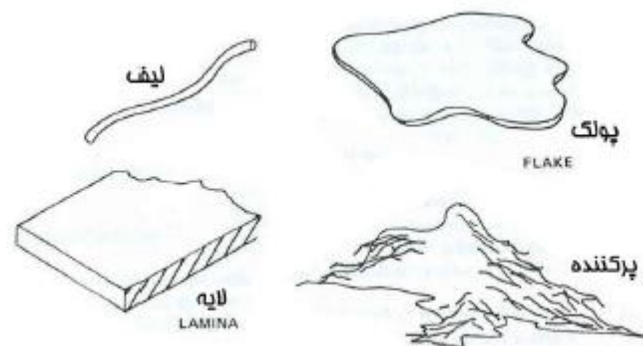
آغشته کردن سطوح پارچه ای هواپیما ها با لاک محلول رزینی (۱۹۱۰ میلادی) ثبت اختراع پلی استر (۱۹۳۶میلادی). فروش الیاف شیشه توسط شرکت Owens Corning به سال ۱۹۳۸ میلادی. بدنه یک فروند هواپیمای اسپیت فایر از جنس آیرولیت ساخته شد. آیرولیت ماده ای است که با آغشته کردن الیاف کتان بافته شده و یک نوع رزین فنولیک شکل دهی آن با پرس گرم در آن دوران، در سال۱۹۴۰، در کشور انگلستان ابداع گردید. ساخت پلاستیک های تقویت شده با الیاف شیشه در پایگاه هوایی Wright Patterson (میلادی۱۹۴۲). در سال ۱۹۴۵ Muskat با استفاده از یک پریفورم خشک در داخل یک قالب و انتقال رزین توسط لوله ها و تخلیه توسط پمپ خلاء اولین قطعه را به روش انتقال رزین تولید کرد. در سال ۱۹۴۶ هم توسط اسکات بوردر آنرا به صورت کاربردی در آورد. در سال ۱۹۵۰ هم تحقیقات بسیاری در مورد انتقال رزین توسط دانشمندانی نظیر ویلیامز وگیبرت و هسایو صورت گرفت. ساخت الیاف کربن توسط شرکت Union Carbide، (۱۹۵۹ میلادی). علاقه به ساخت قطعات اتومبیل ها از سال ۱۹۷۰ آغاز شد و در سالهای بعد به خاطر کاهش مصرف سوخت بیشتر مورد توجه قرار گرفت. از آن زمان تا کنون گامهای بلند و شگرفی در بکارگیری مواد مرکب پیشرفته برداشته شده که اکثر هواپیماهای نظامی و مسافربری مدرن و اتومبیل ها و حتی وسایلی مانند دسته تنیس، بدنه قایق ها توسط کامپوزیت ساخته شدند. در واقع دلیل اصلی توسعه چشمگیر مواد کامپوزیت در خلال این سالها، ایجاد توانایی بهینه سازی خواص به ظاهر نامربوط مواد نظیر استحکام، چگالی، خواص الکتریکی و قیمت آنهاست که قدرت مانور بسیار زیادی را برای طراحان به ارمغان می آورد. امروزه کمتر صنعتی را می توان یافت که از کامپوزیت ها در آن استفاده نشده باشد [۳].

تعریف کامپوزیت

کلمه کامپوزیت (composite) که آن را در فارسی به مواد مرکب یا مواد چند ساز ه ای ترجمه کرده‌اند، به معنی مرکب از دو یا چند جزء مشخص است و از کلمه ترکیب کردن (to compose) گرفته شده است. لذا یک ماده با دو یا چند جزء مشخص را می توان یک کامپوزیت در نظر گرفت، در صورتی که فازها و یا اجزای تشکیل دهندهٔ آن، خواص کاملاً متفاوتی با یکدیگر داشته باشند. در مقیاس ماکروسکوپیک، یک مخلوط فیزیکی از دو یا

چند ماده مختلف را، که این مواد مشخصات فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی را با یکدیگر تشکیل دهند، کامپوزیت گویند.

یک کامپوزیت شامل یک یا چند فاز غیر پیوسته در یک فاز پیوسته است. فاز غیر پیوسته معمولاً سخت‌تر و قویتر از فاز پیوسته است لذا به آن فاز تقویت کننده گویند. تقویت کننده ها اشکال گوناگونی دارند و میتوانند ذره ای، پولکی[۱]، لیفی و صفحه ای[۲] باشند (شکل ۱). فاز پیوسته، زمینه[۳] نامیده میشود.

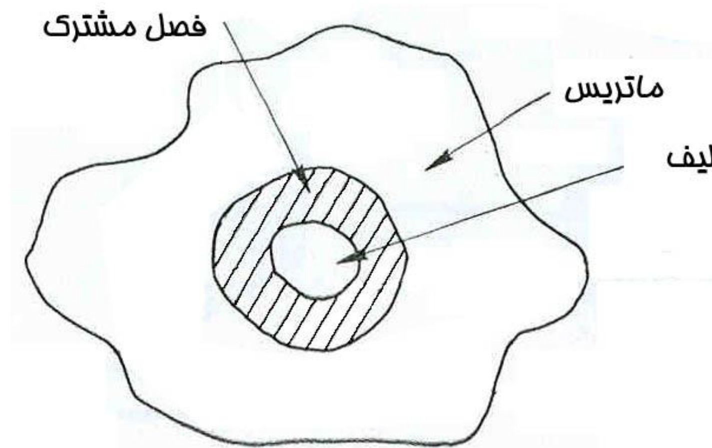


شکل ۱ اشکال مختلف تقویت کننده ها [۱]

عمدتاً در یک کامپوزیت، سه ناحیه متمایز شامل: فاز پیوسته، فاز غیرپیوسته و فصل مشترک[۴] وجود دارد که این دوفاز تعیین کننده خواص و رفتار کامپوزیت می باشند (شکل ۲).

---

1 . flake
۲ . lamina
۳ . matrix
4 . interface



شکل ۲ فازهای تشکیل دهنده یک کامپوزیت [۱]

طبقه‌بندی کامپوزیتها

کامپوزیت ها را از جهات مختلف می توان طبقه بندی نمود: از نظر مواد تشکیل دهنده زمینه یا ماتریس (کامپوزیت های زمینه پلیمری[۵] (PMC)، سرامیکی[۶] (CMC) و فلزی[۷] (MMC) که در جدول ۱ معایب و مزایای هر کدام آورده شده است. و همچنین از جهات رفتار حرارتی پلیمر زمینه (گرمانرم و گرماسخت) و شکل تقویت کننده نیز می باشند.

---

۵ . Polimer Matrix Composite

۶ . Ceramic Matrix Composite

۷ . Metal Matrix Composite

جدول ۱ طبقه بندی کامپوزیت ها از نظر نوع زمینه [۱]

انواع کامپوزیت ها		
کامپوزیت های پلیمری (PMC)	کامپوزیت های سرامیکی (CMC)	کامپوزیت های فلزی (MMC)
مزایا: قیمت پایین فراورش ساده مقاومت شیمیایی خوب وزن مخصوص پایین معایب: استحکام و مدول نسبتاً پایین دمای کارکرد پایین، مقاومت محیطی ضعیف قابل تخریب بوسیله اشعه ماورای بنفش و حلالها) مثال: پلی استر / الیاف شیشه	مزایا: دمای کارکردی بسیار بالا معایب: شکننده بودن مثال: سرامیک / الیاف سیلیکون کاربابد بتون(کامپوزیت معمولی) آلومینا (کامپوزیت پیشرفته)	مزایا (در مقایسه با PMC): استحکام عرضی بیشتر استحکام برشی و فشاری بیشتر دمای کارکرد بالاتر عدم جذب آب و آتشگیری معایب: کار زیادی در این مورد انجام نشده مثال: آلومینیم /ذرات سیلیکون کاربابد

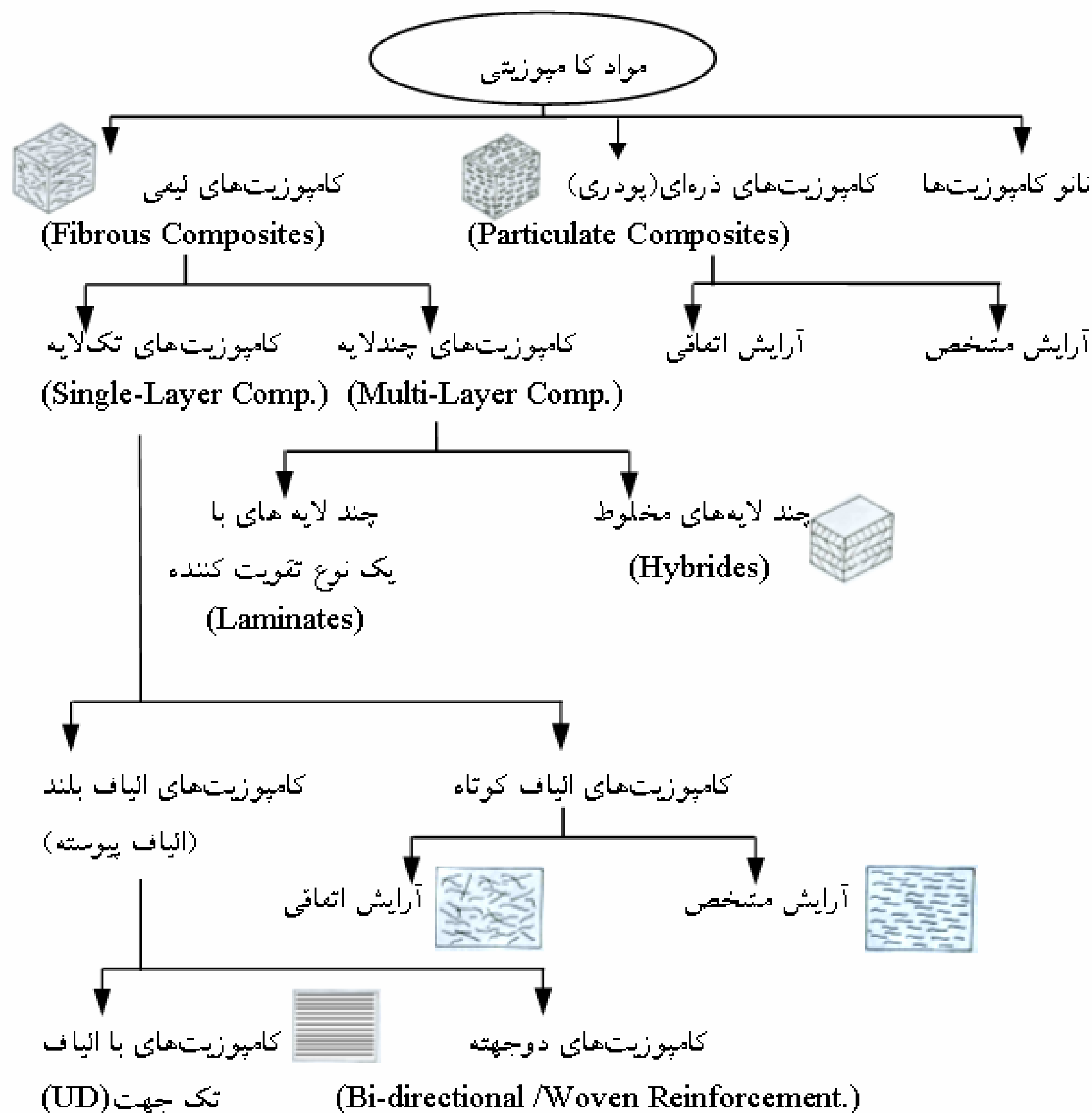
کامپوزیت های پلیمری (PMC) بیشترین حجم استفاده را دارند. در این دسته از کامپوزیت ها هدف اصلی از کامپوزیت کردن بهبود خواص مکانیکی است. در کامپوزیت های فلزی بهبود قابلیت فرآورش نظیر ماشینکاری و در کامپوزیتهای سرامیکی عمدتاً افزایش چقرمگی هدف اصلی است. بطور کلی میتوان گفت هدف از تهیه بسیاری از کامپوزیت ها بهبود خواص مکانیکی نظیر استحکام، سفتی (مدول)، چقرمگی[8] و کارآیی در دمای بالا میباشد. لذا طبیعی است که مطالعه آنها بر اساس مکانیسم تقویت کننده صورت پذیرد. و از آنجا که مکانیسم

[8] . toughness

تقویت کنندگی بستگی به شکل هندسی[9] تقویت کننده دارد، بنابراین بهتر است که طبقه بندی آنها بر این اساس صورت پذیرد. این طبقه بندی در شکل ۳ نشان داده شده است.

در تهیه کامپوزیت ها، خواص نهایی اصلی مانند مدول، استحکام، چقرمگی و چگالی مورد توجه قرار می گیرند. البته خواص حرارتی نظیر ضریب هدایت حرارتی و ضریب انبساط حرارتی نیز دارای اهمیت است. از آنجا که کامپوزیتها در حین ساخت و استفاده تحت شرایط حرارتی مختلف قرار میگیرند، عدم تطابق بین ضرایب انبساط حرارتی اجزای تشکیل دهنده کامپوزیت، سبب ایجاد تنشهای باقیمانده در آن می شود که این امر به نوبهٔ خود بر خواص مکانیکی تأثیر بسزایی دارد [۱و۲].

[9] . geometry



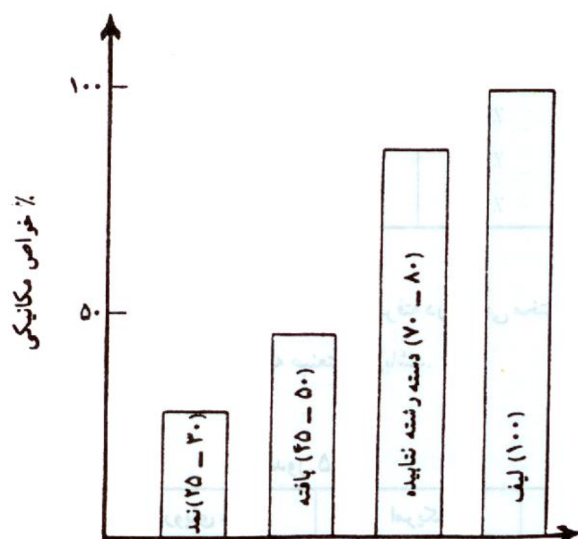
شکل ۳ طبقه بندی کامپوزیت ها از نظر تقویت کننده [۲]

اثر شکل تقویت کننده بر کارایی مکانیکی کامپوزیتها

شکل تقویت کننده در سیستمهای کامپوزیت نیز یکی از عوامل مهم است و روش فرآیند را تعیین نموده و اثر زیادی روی کارآئی محصول نهایی دارد.

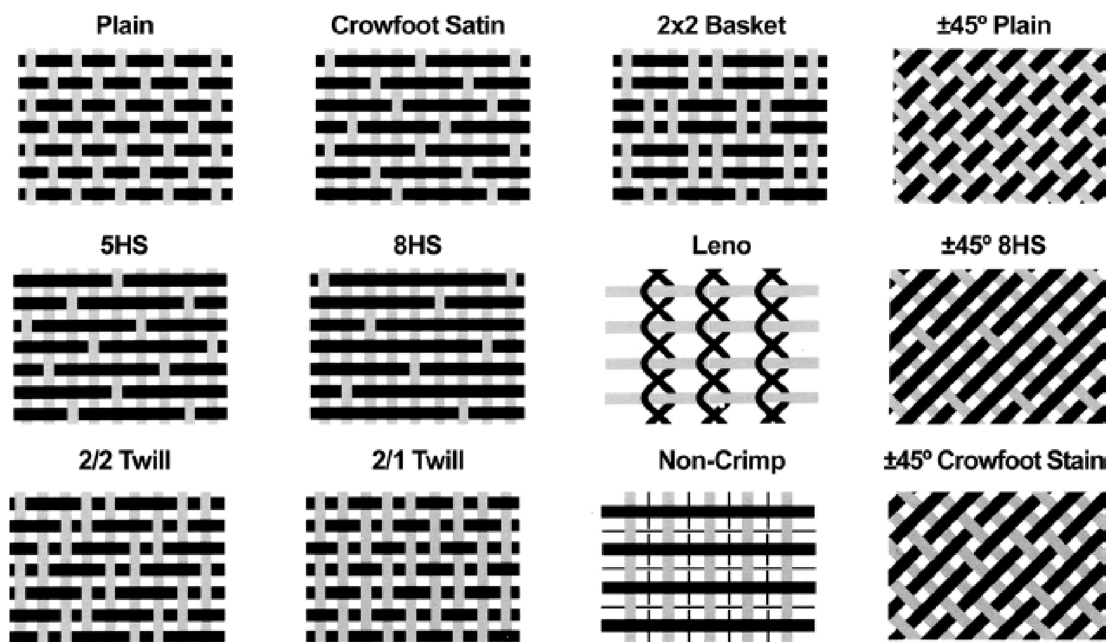
شکل۴ اثر شکل الیاف پیوسته تقویت کننده را روی خواص مکانیکی کامپوزیت ها نشان می دهد . اگر کارائی الیاف را ۱۰۰٪ فرض کنیم ، شکل رشته نتابیده الیاف می تواند ۷۰ تا ۸۰ درصد کارائی الیاف را به کامپوزیت بدهد

و شکل پارچه بافته شده آن ۴۵ تا ۵۰ درصد و شکل نمدی تنها ۲۵ تا ۳۰ درصد کارائی الیاف را به کامپوزیت خواهند داد. بطور کلی هزینه ساخت کامپوزیتها متناسب با میزان کارائی آنهاست [۳].



شکل ۴ اثر شکل الیاف پیوسته تقویت کننده روی خواص مکانیکی کامپوزیت ها [۳]

شکل ۵ نیز بافت های مختلف الیاف را نشان می دهد.



شکل ۵ بافت های مختلف الیاف [۱]

خواص مواد کامپوزیت

در مورد مواد کامپوزیت، امتیازاتی از قبیل استحکام (بخصوص با توجه به چگالی کم)، سبکی، عایق بودن، مقاومت خوردگی و شفاف بودن نسبت به امواج الکترومغناطیسی، جایگاه ویژه ای در کاربردهای مختلف برای آنها ایجاد نموده است. ضمن آنکه روش های آسان ساخت نیز در گسترش برخی کاربردها مؤثر بوده است. البته باید توجه داشت که نمی توان ماده ای را جایگزین ماد ه ای دیگر نمود مگر اینکه از جمیع جهات (خواص، ساخت و قیمت) موضوع مورد بررسی قرار گیرد. به عنوان مثال میلگرد آجدار کامپوزیتی با همهٔ مزایایی که دارد (مقاومت خوردگی، سبکی و شفافیت نسبت به امواج مغناطیس)، هزینه بسیار بالاتری نسبت به میلگردهای فولادی دارند و به همین دلیل کاربردهای خاصی دارند. خواص کامپوزیت ها تابع موارد ذیل است:

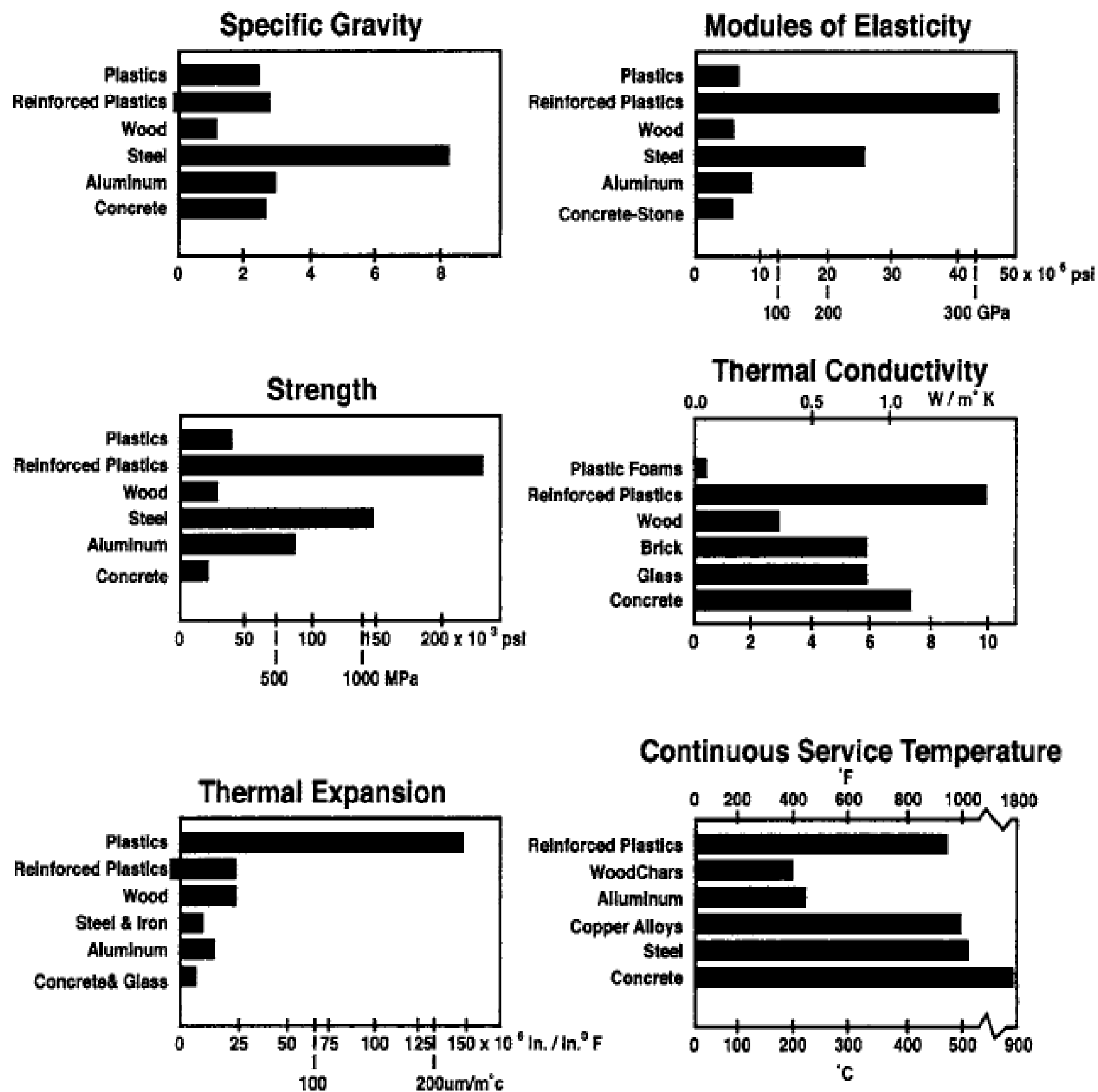
۱- خواص فازهای تشکیل دهنده آن (خواص الیاف و زمینه)

۲- توزیع فازها

۳- اثرات متقابل فازها بر یکدیگر

۴- ابعاد ماده تقویت کننده شامل: شکل، اندازه و توزیع ذرات

در شکل۶ مقایسه ای بین خواص مواد مختلف نشان داده شده است. جدول۲ مقایسه خواص مواد مختلف با کامپوزیت ها رانشان می دهد. جدول۳ مقایسه خواص کامپوزیت های پلی استر غیر اشباع با درصد الیاف مختلفی است. در جدول۴ مقایسه ویژگی های مختلف پلاستیک های تقویت شده با الیاف را نشان داده شده است. در جدول ۵ مقایسه خواص قطعات کامپوزیتی ساخته شده به روش های مختلف و شکل ۷ راهنمای انتخاب روش فرآیند شکل دهی در کامپوزیت ها را بر اساس ابعاد قطعات، استحکام، هزینه، شکل و حجم تولید نشان می دهد.



شکل۶ مقایسه خواص مواد مختلف با کامپوزیت ها [۱]

جدول ۲ مقایسه خواص مواد مختلف با کامپوزیت ها [۱]

Material	Ultimate tensile stress, $\bar{\sigma}$ (MPa)	Modulus, E (GPa)	Specific gravity	Maximum specific strength, $k_\sigma \times 10^3$ (m)	Maximum specific modulus, $k_E \times 10^3$ (m)
Metal alloys					
Steel	770–2200	180–210	7.8–7.85	28.8	2750
Aluminum	260–700	69–72	2.7–2.85	26.5	2670
Titanium	1000–1200	110	4.5	26.7	2440
Magnesium	260	40	1.8	14.4	2220
Beryllium	620	320	1.85	33.5	17300
Nickel	400–500	200	8.9	5.6	2250
Metal wires (diameter, μm)					
Steel (20–1500)	1500–4400	180–200	7.8	56.4	2560
Aluminum (150)	290	69	2.7	10.7	2550
Titanium (100–800)	1400–1500	120	4.5	33.3	2670
Beryllium (50–500)	1100–1450	240–310	1.8–1.85	80.5	17200
Tungsten (20–50)	3300–4000	410	19–19.3	21.1	2160
Molybdenum (25–250)	1800–2200	360	10.2	21.5	3500
Thermoset polymeric resins					
Epoxy	60–90	2.4–4.2	1.2–1.3	7.5	350
Polyester	30–70	2.8–3.8	1.2–1.35	5.8	310
Phenol–formaldehyde	40–70	7–11	1.2–1.3	5.8	910
Organosilicone	25–50	6.8–10	1.35–1.4	3.7	740
Polyimide	55–110	3.2	1.3–1.43	8.5	240
Bismaleimide	80	4.2	1.2	6.7	350
Thermoplastic polymers					
Polyethylene	20–45	6–8.5	0.95	4.7	890
Polystyrene	35–45	30	1.05	4.3	2860
Teflon	15–35	3.5	2.3	1.5	150
Nylon	80	2.8	1.14	7.0	240
Polyester (PC)	60	2.5	1.32	4.5	190
Polysulfone (PSU)	70	2.7	1.24	5.6	220
Polyamide–imide (PAI)	90–190	2.8–4.4	1.42	13.4	360
Polyetheretherketone (PEEK)	90–100	3.1–3.8	1.3	7.7	300
Polyphenylenesulfide (PPS)	80	3.5	1.36	5.9	250
Synthetic fibers					
Capron	680–780	4.4	1.1	70	400
Dacron	390–880	4.9–15.7	1.4	60	1430
Teflon	340–440	2.9	2.3	190	130
Nitron	390–880	4.9–8.8	1.2	70	730
Polypropylene	730–930	4.4	0.9	100	480
Viscose	930	20	1.52	60	1300
Fibers for advanced composites (diameter, μm)					
Glass (3–19)	3100–5000	72–95	2.4–2.6	200	3960
Quartz (10)	6000	74	2.2	270	3360
Basalt (9–13)	3000–3500	90	2.7–3.0	130	3300
Aramid (12–15)	3500–5500	140–180	1.4–1.47	390	12800

جدول۳ مقایسه خواص کامپوزیت های پلی استر غیر اشباع با درصد الیاف مختلف [۱]

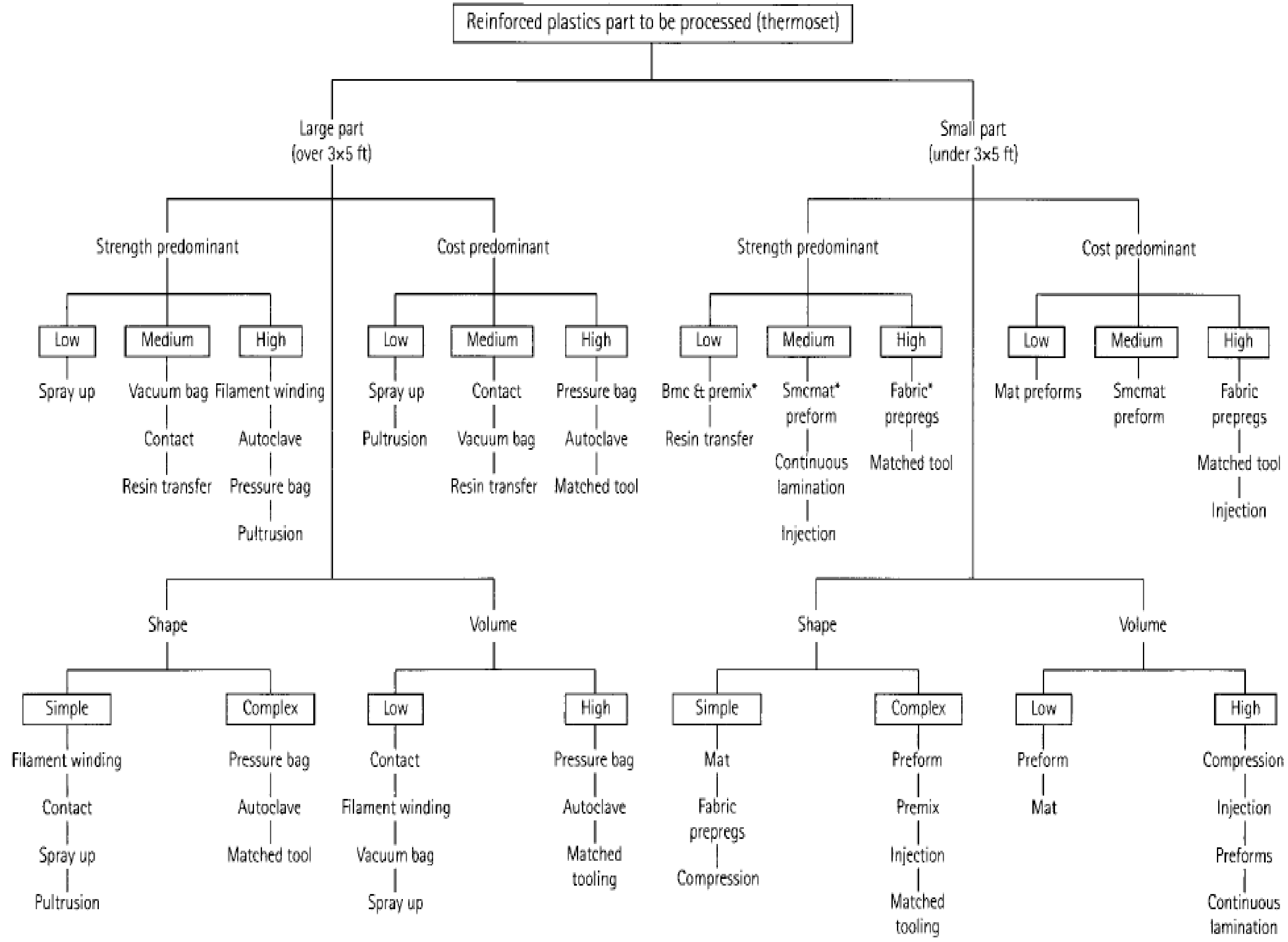
	Glass Fiber (wt %)						
Property	0	10	20	30	40	50	60
Specific gravity	1.14	1.21	1.28	1.37	1.46	1.57	1.70
Specific volume $m^3/mg \times 10^{-10}$	24.3 8.8	22.9 8.3	21.6 7.8	20.1 7.3	19.0 6.9	17.6 6.4	16.3 5.9
Tensile strength MPa	12 83	13 90	19 131	25 172	31 214	32 221	33 228
Tensile elongation (%)	60	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	1.5
Flexural strength MPa	15 103.	20 138	29 200.	34 234.	42 290.	46 317.	50 345
Flexural modulus GPa	4.0 28	6.0 .41	9.0 .62	13 .90	16 1.10	22 1.52	28 1.93
Compressive strength MPa	4.9 33.8	13 89.6	23 158.6	27 186.2	28 193.1	29 200.0	30 206.9
Heat deflection temperature at °C	150	470	475	485	500	500	500
Thermal expansion mm/mmK × 10^5	4.5 8.1	1.6 2.9	1.4 2.5	1.3 2.3	1.2 2.2	1.0 1.8	0.9 1.6
Water absorption, 24 h (%)	1.6	1.1	0.9	0.9	0.6	0.5	0.4
Mold shrinkage	15	6.5	5	4.0	3.5	3.0	2.0

جدول۴ مقایسه ویژگی های مختلف پلاستیک های تقویت شده با الیاف [۱]

Resin	Specific gravity	Tensile strength, MPa	Tensile modulus, GPa	Elongation, %	Flexural strength, MPa	Flexural modulus, GPa	Izod impact notched, J/m	Deflection temperature under load, C
Nylon-6,6								
Unreinforced	1.14	83	2.9	60	119	2.8	53	90
30% glass fibers	1.39	172	9.0	4	248	9.0	107	252
30% carbon fibers	1.28	227	20.7	3	324	20.7	85	263
40% mineral filler	1.50	92	5.5	3	155	7.2	48	249
40% glass-mineral	1.49	124	7.6	3	207	9.7	64	246
Polypropylene								
Unreinforced	0.9	34	1.4	11		1.6	51	53
30% glass fibers	1.13	52	5.5	2.5	65	4.1	64	137
30% glass fibers chemically coupled	1.13	83	5.9	2.3	110	5.5	107	151
40% mica	1.23	31	4.8	4	48	4.1	37	96
40% talc	1.25	29	3.1	4	48	3.1	27	76
Polycarbonate								
Unreinforced	1.20	65	2.4	7	93	2.3	801[e]	132
30% glass fibers	1.43	131	9.0	2.5	138	7.6	160	143
30% carbon fibers	1.33	152	17.2	1.8	220	15.2	107	149
5% stainless steel	1.27	68	3.1	5	110	3.1	69	146
Polyesters								
30% glass fibers (PBT)	1.51	121	6.9	4	200	8.7	96	206
30% glass fibers (PET)	1.56	158	8.7	3	234	9.1	107	224

جدول۵ مقایسه خواص قطعات کامپوزیتی ساخته شده به روش های مختلف [۱]

Resin	*Specific gravity*	*Tensile strength, MPa*	*Tensile modulus, GPa*	*Elongation, %*	*Flexural strength, MPa*	*Flexural modulus, GPa*	*Izod impact notched, J/m*	*Deflection temperature under load, C*
Nylon-6,6								
Unreinforced	1.14	83	2.9	60	119	2.8	53	90
30% glass fibers	1.39	172	9.0	4	248	9.0	107	252
30% carbon fibers	1.28	227	20.7	3	324	20.7	85	263
40% mineral filler	1.50	92	5.5	3	155	7.2	48	249
40% glass-mineral	1.49	124	7.6	3	207	9.7	64	246
Polypropylene								
Unreinforced	0.9	34	1.4	11		1.6	51	53
30% glass fibers	1.13	52	5.5	2.5	65	4.1	64	137
30% glass fibers chemically coupled	1.13	83	5.9	2.3	110	5.5	107	151
40% mica	1.23	31	4.8	4	48	4.1	37	96
40% talc	1.25	29	3.1	4	48	3.1	27	76
Polycarbonate								
Unreinforced	1.20	65	2.4	7	93	2.3	801[c]	132
30% glass fibers	1.43	131	9.0	2.5	138	7.6	160	143
30% carbon fibers	1.33	152	17.2	1.8	220	15.2	107	149
5% stainless steel	1.27	68	3.1	5	110	3.1	69	146
Polyesters								
30% glass fibers (PBT)	1.51	121	6.9	4	200	8.7	96	206
30% glass fibers (PET)	1.56	158	8.7	3	234	9.1	107	224



شکل ۷ راهنمای انتخاب روش فرآیند شکل دهی در کامپوزیت ها [۱]

منابع و مراجع:

[۱] امیر مسعود رضادوست، مقدمه ای بر فرایند کامپوزیتها، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران(گروه کامپوزیت و چسب)، ۱۳۸۶

[۲] محمد حسین بهشتی، امیر مسعود رضادوست، پلاستیک های تقویت شده (کامپوزیت ها)، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران(گروه کامپوزیت و چسب)، ۱۳۹۱

[۳] مجتبی جعفری، بررسی قطعات تولیدی توسط انتقال رزین، سمینار کارشناسی ارشد، ۱۳۸۸

فروش اختراع و محصول ساخته شده به روش پالتروژن ترموپلاستیک

توضیحات بیشتر

این اختراع برای اولین بار با این روش در ایران انجام شده و تا الان محصولی با این روش تولید نشده است. همچنین قالب ساخته شده با این روش نیز ثبت اختراع شده است.



محصول ساخته شده

در آدرس زیر می توانید به این محصول دسترسی داشته باشید و سوال خود را در این زمینه مطرح نمایید.

-۸۴٪.۹C%D۸٪.DB٪.۸۱٪.۹D٪.۸۸٪.۹D٪.۱B٪.۸BE%D٪.۹http://takhasosameine.ir/ads/%D
C-۸٪.AA%DB٪.۸C%D۸٪.DB٪.۲B٪.۸D٪.۸۸٪.۹BE%D٪.۹D٪.۸۵٪.۹D٪.۷A٪.۸D٪.۹%DA%A
-۴B٪.۸D٪.۸۸٪.۹D٪.۱B٪.۸-%D۸۷٪.۹D٪.۸A٪.۸%D
-۸۶٪.۹D٪.۹۸٪.DA٪.۸۸٪.۹D٪.۱B٪.۸AA%D٪.۸D٪.۸۴٪.۹D٪.۷A٪.۸BE%D٪.۹%D
/۸۸٪.۹D٪.۸۵٪.۹D٪.۱B٪.۸AA%D٪.۸%D